МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

МАШИНОБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ І СУДНОВИХ ПАРОВИРОБНИХ УСТАНОВОК (ТТ І СПУ)

Код РНПД

"ЗАТВЕРДЖЕНО"
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline
3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках
3-D MODELING OF PROCESSES IN ENERGY PLANTS

рівень вищої освіти:	перший (бакалаврський)
тип дисципліни:	вибіркова
мова(и) викладання:	українська

Миколаїв – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни "3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках" є вибірковою складовою комплексної підготовки фахівців будь якої галузі знань на першому (бакалаврському) рівні.
"14" 03 2024 року. 13 с.

Розробник:
Кузнецов В. В., доцент кафедри ТТ і СПУ, канд. техн. наук, доцент.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках" розглянуто на засіданні кафедри Технічної теплофізики і суднових паровиробних установок
Протокол № 7 від « 15 » 03 2024 р.

Завідувач кафедри Борис ДИМО

Проект робочої програми навчальної дисципліни "3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках" розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту
Протокол № 2 від « 15 » 05 2024 р.

Голова Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни "3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках" погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної "3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках" затверджено Навчально-методичною радою НУК
Протокол № 4 від « 29 » 05 2024 р.

Голова НМР НУК Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2024

ЗМІСТ

Вступ 4
1. Опис навчальної дисципліни 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни 5
3. Передумови для вивчення дисципліни 5
4. Очікувані результати навчання 5
5. Програма навчальної дисципліни 6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування 9
7. Форми поточного та підсумкового контролю 10
8. Критерії оцінювання результатів навчання 12
9. Рекомендовані джерела інформації 13

ВСТУП

Анотація

Сучасний розвиток комп'ютерної техніки дає можливість математичного моделювання теплових та механічних процесів в елементах енергетичних установок, а також в установках взагалі. Це полегшує процес обрання з багатьох варіантів реалізації конструкторських ідей найбільш оптимальні за своїми техніко-економічними показниками.

В процесі опанування курсу студенти знайомляться з основними положеннями методу кінцевих об'ємів, на якому базуються сучасні системи 3-*D* моделювання процесів. Набуваються практичні навички побудови 3-*D* моделей з наступною їх реалізацією у розрахункових системах, валідацією, верифікацією та аналізом отриманих результатів.

Ключові слова: енергетична установка, елемент, процес, модель

Abstract

Modern development of computer technology enables mathematical modelling of thermal and mechanical processes in elements of power plants, as well as in plants in general. This facilitates the process of selecting from a variety of options for the implementation of design ideas the most optimal in terms of their technical and economic performance.

In the process of mastering the course students get acquainted with the basic provisions of the finite volume method, on which modern systems of 3-D modelling of processes are based. Practical skills of building 3-D models with their subsequent implementation in calculation systems, validation, verification and analysis of the obtained results are acquired.

Keywords: power plant, element, process, model

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3">Галузь знань:
Будь яка</td><td colspan="2">Нормативна</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>4-й</td><td>4-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="6">Спеціальність
Будь яка

Освітня програма підготовки
Будь яка</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>7-й</td><td>7-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання – Не передбачено</td><td colspan="2">Лекцій</td></tr>
<tr><td>30год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин 150</td><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4;

самостійної роботи студента – 6</td><td rowspan="6">Освітній рівень:
Перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>138 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю: комбінована</td></tr>
</table>

2. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни "3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках" є ознайомлення студентів з сучасними методами тривимірного моделювання теплогідравлічних та механічних процесів в енергетичних установках, формування, відповідно до освітньої програми здатності використання подібних систем при проектуванні транспортних та стаціонарних енергетичних установок та аналізі результатів.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами для вивчення курсу є обізнаність студентів в основних положеннях вищої математики, фізики, основ інформаційних технологій та програмування, математичних методах і моделях в інженерних розрахунках, технічної термодинаміки та теплопередачі, англійської мови за професійним спрямуванням.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів навичок використання систем тривимірного моделювання при проектуванні та аналізі транспортних та стаціонарних енергетичних установок, їх систем та пристроїв, розробки тривимірних моделей, аналізі взаємодії та отриманих результатів.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1

Змістовий модуль 1. " Теоретичні основи 3-D моделювання ".

Тема 1. Вступ. Моделювання теплових процесів. Загальний огляд розвитку тепломасообміну. Основні відомості з векторного аналізу. Основи тензорної нотації. [1] стор. 7…12; [2] стор. 7…10; [3] стор. 5…8

Тема 2. Критерії подібності теплових явищ. Умови подібності вимушеного конвективного теплообміну та вільної теплової конвекції. [1] стор. 53…63; [2] стор. 42…45; [3] стор. 11…15

Тема 3. Деякі аспекти сучасного стану математичного моделювання тепломасообмінних процесів в техніці. Математичне формулювання завдання. Основні рівняння механіки рідини і газу. [1] стор. 65…73; [2] стор. 36…40; [3] стор. 16…19

Тема 4. Розробка алгоритму чисельного розв'язання задачі. Основні методи численого рішення задач тепломасообміну [3] стор. 19…24; [4] стор. 240…246

Тема 5. Метод кінцевих елементів. Основи методу кінцевих об'ємів. Рівняння енергії. Дискретні аналоги поверхневих та об'ємних інтегралів. [3] стор. 23…27; [4] стор. 261…268

Тема 6. Граничні умови. Похідна за часом. Загальний алгоритм розв'язання задачі. [1], стор. 41…53; [2], стор. 38…40

Тема 7. Розрахунок поля течії. Інтегрування рівняння руху. [5], стор. 16…49

Тема 8. Розрахунок поля тиску. Основні підходи. [5], стор. 129…134

Змістовий модуль 2. "Програмні засоби реалізації 3-D моделювання в енергетичних установках".

Тема 9. Програмна реалізація методу кінцевих об'ємів для 3-D моделювання процесів в енергетичних установках. Методологія моделювання. [5], стор. 10…16

Тема 10. Побудова геометричних моделей у системі SolydWorks. Загальний інтерфейс системи. Порядок побудови моделей. [6], стор. 7…47; [7], стор. 8…31

Тема 11. Розрахунок аеродинамічних характеристик турбінного профілю в SolidWorks Flow Simulation. Теоретичні відомості. [8], стор.26-28;

Тема 12. Розрахунок сполученого теплообміну в SolidWorks Flow Simulation Теоретичні відомості. [8], стор.43-46

Тема 13. Розрахунок ефективності теплообмінника в SolidWorks Flow Simulation. Теоретичні відомості. [8], стор.68-70

Тема 14. Визначення гідравлічних втрат ділянки гідравлічної системи. Теоретичні відомості. [8], стор.43-46

Тема 15. Створення анімаційного відео динамічної тривимірної моделі. Теоретичні відомості. [8], стор.217-238

Тема 16. Створення фотореалістичного зображення тривимірної моделі. Теоретичні відомості. [7], стор.207-216

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лр.	пр.	с.р.		л	лр.	пр.	с.р.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
МОДУЛЬ 1 **Змістовий модуль 1. " Теоретичні основи 3-D моделювання "**										
Тема 1. Вступ. Моделювання теплових процесів. Загальний огляд розвитку тепломасообміну. Основні відомості з векторного аналізу. Основи тензорної нотації.	9	2	–	–	7	11	2	–	–	9
Тема 2. Критерії подібності теплових явищ. Умови подібності вимушеного конвективного теплообміну та вільної теплової конвекції.	9	2	–	–	7	9	–	–	–	9
Тема 3. Деякі аспекти сучасного стану математичного моделювання тепломасообмінних процесів в техніці. Математичне формулювання завдання. Основні рівняння механіки рідини і газу.	9	2	–	–	7	9	–	–	–	9
Тема 4. Розробка алгоритму чисельного розв’язання задачі. Основні методи численого рішення задач тепломасообміну	9	2	–	–	7	9	–	–	–	9
Тема 5. Метод кінцевих елементів. Основи методу кінцевих об’ємів. Рівняння енергії. Дискретні аналоги поверхневих та об’ємних інтегралів.	9	2	–	–	7	10	1	–	–	9
Тема 6. Граничні умови. Похідна за часом. Загальний алгоритм розв’язання задачі.	9	2	–	–	7	9	–	–	–	9
Тема 7. Розрахунок поля течії. Інтегрування рівняння руху.	9	2	–	–	7	9	–	–	–	9
Тема 8. Розрахунок поля тиску. Основні підходи.	12	1	–	–	11	9	–	–	–	9
Разом за змістовим модулем 1	**75**	**15**	–	–	**60**	**75**	**3**	–	–	**72**
Змістовий модуль 2. "Програмні засоби реалізації 3-D моделювання в енергетичних установках"										
Тема 9. Програмна реалізація методу кінцевих об’ємів для 3-D моделювання процесів в енергетичних установках. Методологія моделювання	2	2	–	–	–	9	1	–	–	8
Тема 10. Побудова геометричних моделей у системі SolydWorks. Загальний інтерфейс системи. Порядок побудови моделей.	11	2	–	4	5	10	2	–	2	8
Тема 11. Розрахунок аеродинамічних характеристик турбінного профілю в SolidWorks Flow Simulation. Теоретичні відомості.	11	2	–	4	5	8	–	–	–	8
Тема 12. Розрахунок сполученого теплообміну в SolidWorks Flow Simulation Теоретичні відомості.	11	2	–	4	5	8	–	–	–	8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 13. Розрахунок ефективності теплообмінника в SolidWorks Flow Simulation.	11	2	–	4	5	10	–	–	2	8
Тема 14. Визначення гідравлічних втрат ділянки гідравлічної системи. Теоретичні відомості.	11	2	–	4	5	10	–	–	2	8
Тема 15. Створення анімаційного відео динамічної тривимірної моделі. Теоретичні відомості.	11	2	–	6	3	8	–	–	–	8
Тема 16. Створення фотореалістичного зображення тривимірної моделі. Теоретичні відомості.	7	1	–	4	2	10	–	–	–	10
Разом за змістовим модулем 2	**75**	**15**	–	**30**	**30**	**75**	**3**	–	**6**	**66**
Усього за модулем 1	**150**	**30**	–	**30**	**90**	**150**	**6**	–	**6**	**138**
Усього годин	**150**	**30**	–	**30**	**90**	**150**	**6**	–	**6**	**138**

***** Змістовий модуль кратний 15 годинам.

** За заочної формою проводяться оглядові лекції.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Побудова геометричних моделей у системі SolydWorks. Загальний інтерфейс системи. Побудова моделей.	4	2
2	Розрахунок аеродинамічних характеристик турбінного профілю в SolidWorks Flow Simulation.	4	–
3	Розрахунок сполученого теплообміну в SolidWorks Flow Simulation	4	–
4	Розрахунок ефективності теплообмінника в SolidWorks Flow Simulation	4	2
5	Визначення гідравлічних втрат ділянки гідравлічної системи.	4	2
6	Створення анімаційного відео динамічної тривимірної моделі.	6	–
7	Створення фотореалістичного зображення тривимірної моделі.	4	–
	Разом	30	6

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	60	72
2	Підготовка до практичних робіт	30	66
	Разом	90	138

6. МЕТОДИ НАВЧАННЯ, ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ТА МЕТОДІВ ЇХ ДЕМОНСТРУВАННЯ

Під час проведення занять використовуються наступні методи навчання:

- для лекційних занять– пояснювально-ілюстративний метод, що включає повідомлення готової інформації різними засобами, а саме словесним, наочним, практичним та усвідомлення і запам'ятовування цієї інформації здобувачами при написанні конспекту;
- для практичних занять крім пояснювально-ілюстративного методу також застосовується і проблемне викладання,що включає постановку викладачем перед здобувачами проблеми і визначення шляхів її розв'язання з приховуванням можливих пізнавальних суперечностей;
- для самостійної роботи застосовується як проблемний так і частково-пошуковий методи, що при визначеній проблемі за рахунок отриманих знань на лекційних та практичних заняттях, дозволяє їм розв’язувати, а приховані пізнавальні моменти вони вирішують самі з отриманням консультації від викладача.

Контроль та самоконтроль здійснюється оцінюванням якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни за результатами використання матеріалу вивченого під час лекційних та практичних занять при виконанні поточного модульного контролю (ПМК), що передбачено робочим навчальним планом згідно робочій навчальній програмі під час проведення поточного контролю, самостійної роботи та підсумкової атестації.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання за дисципліною "3-*D* моделювання процесів в енергетичних установках" є: ПМК та залік.

7. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного модульного контролю (тестуванню) і оцінки заключного етапу – заліку.

Поточний модульний контроль проводиться у формі тестування: ПМК1 – 10 питань, ПМК2 – 10 питань. Сумарна кількість балів поточного модульного контролю – 36 (сумарно ПМК1 2,8×10 = 28 балів, ПМК2 0,8×10 = 8 балів). Виконання практичних завдань – 48 балів. Питома вага поточного контролю в загальній системі оцінок складає – ***84 бали***.

Питома вага заключного підсумкового контролю тестування (10 питань) в загальній системі оцінок – ***16 балів*** (1,6×10=16 балів). Право здавати залік надається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок та заключного тестування набирає не менше ***60 балів***. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок, оцінки заключного тестування на заліку.

Поточний контроль проводиться на лекційних заняттях шляхом опитування студентів щодо засвоєння матеріалів лекційних, практичних занять, а також самостійної підготовки. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти зі зазначених у програмі тем (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на лекційних заняттях та набутих практичних навичок під час виконання завдань практичних робіт.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Критерії оцінювання практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість балів	
		Денна форма	Заочна форма
1	Побудова геометричних моделей у системі SolydWorks. Загальний інтерфейс системи. Побудова моделей.	7	16
2	Розрахунок аеродинамічних характеристик турбінного профілю в SolidWorks Flow Simulation.	7	–
3	Розрахунок сполученого теплообміну в SolidWorks Flow Simulation	7	–
4	Розрахунок ефективності теплообмінника в SolidWorks Flow Simulation	7	16
5	Визначення гідравлічних втрат ділянки гідравлічної системи.	7	16
6	Створення анімаційного відео динамічної тривимірної моделі.	7	–
7	Створення фотореалістичного зображення тривимірної моделі.	6	–
	Разом	**48**	**48**

Кількість балів,	Критерії оцінювання

денне/заочне	
7/16	Результат правильний, повний, логічний; містить аналіз та додаткову інформацію, систематизацію, узагальнення, аргументовані висновки.
4…6/12…15	Результат здебільшого правильний; містить аналіз, узагальнення, та допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
2…3/7…11	Результат частково правильний, містить неточності, недостатньо обґрунтований.
0…1/0…6	Результат має суттєві помилки, використовуються невірна термінологія або студент не показує результат взагалі

Кількість балів	**Критерії оцінювання ПМК 1**
0,28	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки.
0,22…0,27	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок.
0,16…0,21	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок.
0,8…0,15	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
0…0,7	Відповідь на питання неповна або відсутня, не підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.

Кількість балів	**Критерії оцінювання ПМК 2**
0,8	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки.
0,6…0,7	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок.
0,4…0,5	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок.
0,2…0,3	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
0…0,1	Відповідь на питання неповна або відсутня, не підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.

Кількість балів	Критерії оцінювання заключного тестування
0,16	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки.
0,14…0,15	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок.
0,11…0,13	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок.
0,5…0,10	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
0…0,5	Відповідь на питання неповна або відсутня, не підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання практичних завдань	48 балів	48 балів
Поточний модульних контроль	36 балів	36 балів
Підсумковий контроль	16 балів	16 балів
Всього	**100 балів**	**100 балів**

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота			
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Заключне тестування	Сума
ПМК 1	ПМК 2		
	Пр. 1-7		
28	8+48=56	16	100

Пр1– Пр 7 – практичні заняття змістовних модулів.

ПМК1, ПМК2 – поточний модульний контроль змістовних модулів.

8. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	ПМК1	Тестування за темами ЗМ1	28	Тестування за темами ЗМ1	28
ЗМ2	Т10	Практичне заняття №1	7	Практичне заняття №1	16
	Т11	Практичне заняття №2	7		
	Т12	Практичне заняття №3	7		
	Т13	Практичне заняття №4	7	Практичне заняття №2	16
	Т14	Практичне заняття №5	7	Практичне заняття №3	16
	Т15	Практичне заняття №6	7		
	Т16	Практичне заняття №7	6		
	ПМК2	Тестування за темами ЗМ2	8	Тестування за темами ЗМ2	8
Підсумковий контроль		Тестування	16	Тестування	16
Всього			100		100

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література:

1. Василенко С. М. Основи тепломасообміну: Підручник [Текст] / С. М. Василенко, А. І. Українець, В. В. Олішевський, За ред. акад. УААН І. С. Гулого. – К.: НУХТ , 2004. – 250 с.

2. Погорєлов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): Навчальний посібник для вузів. 4-те видання, виправлене [Текст] / А.І.Погорєлов. – Львів: «новий Світ-2000», 2006. – 144 с.

3. Нікольський, О. І. Моделювання теплових процесів в РЕА : навчальний посібник [Текст] / О. І. Нікольський, О. П. Шеремета. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 116 с.

4. Дубенець В.Г. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник [Текст] / В.Г. Дубенець, В.В. Хільчевський, О.В. Савченко – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 288 с.

5. Каліон В. А. Обчислювальна гідромеханіка. Рівняння Нав'є – Стокса: Навч. посіб. [Текст] / В. А. Каліон. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 221 с.

6. Ворощук В.Я. SolidWorks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник [Текст] / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 164 с.

7. 3D-інженерія: SolidWorks : конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О. А. Новохат. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 250 с.

8. Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 2. Моделювання фізичних процесів в CAD/CAE системі SolidWorks [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Плашихін – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 125 с.

Допоміжна література:

9. Саух, С. Є. Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах: Монографія [Текст] / С. Є. Саух, А. В. Борисенко. — К.: «Три К», 2020. – 340 с.

10. Кузнецов В.В. Енергетичні об′єкти морської інфраструктури: теплофізичні процеси і екологічні показники [Текст] / В.В. Кузнецов, С.С. Рижков, А.П. Шевцов. – Миколаїв: видавець Торубара В.В., 2016. – 288 с.

11.Математичне моделювання теплових процесів в енергетиці та промисловості. Практикум [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Д.В. Риндюк, В.А. Пешко – Електронні текстові данні (1 файл: 4,34 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 75 с.